

JP11112425

Publication Title:

OPTICAL COMMUNICATION EQUIPMENT

Abstract:

Abstract of JP 11112425

(A) PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the influence of dispersion in an optical fiber and of nonlinear optical effect and to realize transmission of a signal at an ultrahigh transmission rate and for a long distance by adopting the configuration that a signal transmission speed of an optical signal propagated through the optical fiber is equivalently reduced. SOLUTION: An optical transmission section 34 is provided with a dispersion addition section 38 that adds dispersion to a short optical pulse train to be sent and with a phase modulation section 39 that applies phase modulation to an optical pulse train whose pulse width is extended by the dispersion addition section 38 and sends the modulated pulse train to an optical fiber transmission line 35.; An optical reception section 36 is provided with a phase modulation section 40 that applies phase modulation to the transmitted optical pulse train via the optical fiber transmission line 35 and with a dispersion provision section 41 that adds dispersion to the optical pulse train subject to phase modulation to recover the short optical pulse train. Furthermore, the dispersion in the dispersion provision sections 38, 41 and a phase modulation waveform and a phase modulation in the phase modulation sections 37, 40 are set in response to a focus time by the phase modulation sections 39, 40 by the optical transmission section 34 and the optical reception section 36.

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I		
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00	M
	10/18	C 0 2 B	6/00	C
C 0 2 B	6/00	H 0 4 B	9/00	Q
H 0 4 B	10/14			
	10/135			
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L （全 8 頁） 最終頁に続く				

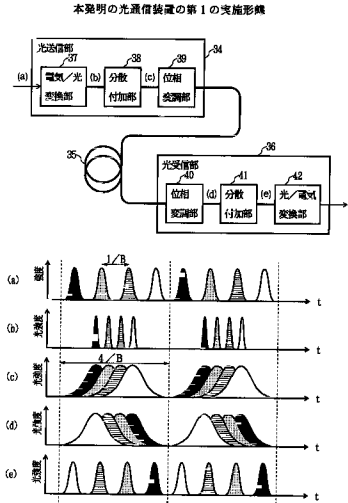
(21)出願番号	特願平9－271698	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22)出願日	平成9年(1997)10月3日	(72)発明者	坂野 寿和 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 古谷 史旺

(54)【発明の名称】 光通信装置

(57)【要約】

【課題】 光ファイバ中を伝搬する光信号の信号速度を等価的に小さくする構成をとることにより、光ファイバ中の分散や非線形光学効果の影響を低減し、超高速かつ長距離の信号伝送を実現する。

【解決手段】 光送信部は、送信する短光パルス列に分散を付加する分散付加部と、分散付加部でパルス幅が広げられた光パルス列を位相変調して光ファイバ伝送路に送出する位相変調部とを備え、光受信部に、光ファイバ伝送路を介して伝送された光パルス列を位相変調する位相変調部と、位相変調された光パルス列に分散を付加して短光パルス列を再生する分散付与部とを備える。また、分散付加部における分散量、位相変調部における位相変調波形および位相変調量は、光送信部および光受信部において、それぞれ位相変調部における焦点時間に応じて設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力電気信号で変調された短光パルス列を出力する光送信部と、前記短光パルス列を伝送する光ファイバ伝送路と、前記光ファイバ伝送路を介して伝送された短光パルス列を電気信号に変換する光受信部とを備えた光通信装置において、

前記光送信部は、前記短光パルス列に分散を付加する分散付加部と、分散付加部でパルス幅が広げられた光パルス列を位相変調して前記光ファイバ伝送路に送出する位相変調部とを備え、かつ前記分散付加部における分散量、前記位相変調部における位相変調波形および位相変調量が、前記位相変調部における焦点時間に応じて設定される構成であり、

前記光受信部は、前記光ファイバ伝送路を介して伝送された光パルス列を位相変調する位相変調部と、位相変調された光パルス列に分散を付加して前記短光パルス列を再生する分散付与部とを備え、かつ前記分散付加部における分散量、前記位相変調部における位相変調波形および位相変調量が、前記位相変調部における焦点時間に応じて設定される構成であることを特徴とする光通信装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光通信装置において、光送信部は、短光パルス光源と、前記短光パルス光源から出力された短光パルス列を複数の分岐する光分波器と、分岐された各短光パルス列をそれぞれ対応する入力電気信号で変調する複数の光強度変調器と、各光強度変調器から出力される変調された短光パルス列が時間軸上で一定間隔になるようにそれぞれ所定の遅延を与える複数の遅延制御器と、各遅延制御器から出力される遅延調整された短光パルス列を合波して分散付加部に出力する光合波器とを備えたことを特徴とする光通信装置。

【請求項3】 請求項1に記載の光通信装置において、位相変調部は、電気光学効果を利用した光位相変調器を用いた構成であることを特徴とする光通信装置。

【請求項4】 請求項1に記載の光通信装置において、位相変調部は、非線形光学効果を利用した光位相変調器を用いた構成であることを特徴とする光通信装置。

【請求項5】 請求項1に記載の光通信装置において、分散付与部は、使用波長域で有限の分散値を有する光ファイバであることを特徴とする光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ伝送路を介して長距離および大容量の信号伝送を行う光通信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ伝送路を用いた光通信装置は、光ファイバが伝送媒体として低損失および広帯域で

あることから、超大容量通信ネットワークを支える技術として注目されている。

【0003】光通信装置の構成要素は、入力電気信号を光信号に変換する光送信部と、光ファイバ伝送路と、受信光信号を電気信号に変換する光受信部である。光送信部では、半導体レーザを直接変調するか、または光変調器を用いて連続光を外変調する構成により、入力デジタル信号に応じた光パルス列を生成し、光ファイバ伝送路に送出する。光ファイバ通信を高速化するためには、より時間幅の短い光パルスを生成する必要がある。例えば、1 Gbit/s の伝送速度では光パルス幅が1 ns となり、伝送速度が 100 Gbit/s になると光パルス幅が10 ps 以下の光パルスを生成する必要がある。最近では、モードロックレーザなどを用いてサブピコ秒オーダーの光パルスを比較的容易に生成できるようになっており、このような短光パルスをを用いて 100 Gbit/s を越える超高速光伝送も可能になっている。

【0004】ところで、数百 Gbit/s の光信号を生成すること自体は可能になってきたが、超高速光信号を数千 km に渡って伝送するためには解決すべき問題が残されている。まず、電気回路による速度制限がある。光ファイバ通信では、多重化回路、レーザ駆動回路、受光回路、多重分離回路等の電気回路を必要とするが、これらは数十 Gbit/s 以上に高速化することは現時点では困難である。

【0005】次に、光ファイバの分散によるパルス広がり的问题がある。光ファイバ中を伝搬する光パルスは、光ファイバがもつ分散によってパルス広がりを生じる。このパルス広がり伝送距離と伝送速度を制限する。また、伝送速度が高速化して光パルスのピーク電力が大きくなると、自己位相変調と呼ばれる非線形光学効果が光ファイバ中で顕著になり、短光パルスのスペクトル幅が広がり、さらに群速度分散の影響をうけてパルス広がりを生じる原因となる。伝送距離を長くしようとすると、光損失を補償するために大きなピーク電力の光を光ファイバに入力する必要がある、その場合も非線形光学効果に起因する伝送波形歪みが生じてしまう。

【0006】ここで、実際に、光ファイバの分散によって伝送速度および伝送距離がどの程度制限されるかについて説明する。光ファイバ中を伝搬する光パルスは、伝送距離が長くなると光ファイバが固有にもつ分散特性のためにパルス幅が広がる。光ファイバへの入力時点における光パルスの半値全幅を w_{t0} 、伝送距離を Z 、光ファイバの分散値を D (ps/nm/km) とすると、光パルスが光ファイバ中を Z 伝搬した時点での光パルス幅 w_t は、

【0007】

【数1】

$$w_t = w_{t0} \left(1 + \left[\frac{1}{w_{t0}^2} \cdot \frac{\lambda^2}{\pi c} \cdot DZ \right]^2 \right)^{1/2} \quad \dots(1)$$

【0008】で表される。なお、 λ は光波長、 c は光速である。また、光パルスを光ファイバ入力時点でチャープングはなく、トランスフォーマリミットパルスであるとしている。

【0009】さて、伝送される光信号がRZ変調信号であると仮定すると、光パルス幅 w_{t0} と伝送速度Bとの間

$$Z = \left(\left[\frac{w_t}{w_{t0}} \right]^2 - 1 \right)^{1/2} \cdot \frac{\pi c}{\lambda^2 D \cdot 4 B^2} \quad \dots(3)$$

【0011】となる。この(3)式から、伝送距離Zは伝送速度Bの2乗に反比例していることがわかる。なお、 $\lambda = 1.55$ (μm)、 $c = 3.0 \times 10^8$ (m/s)、 $D = 2.0$ (ps/nm/km)、 $B = 10$ (Gbit/s)とし、光パルス広がりが入力光パルス幅 w_{t0} の20%を越えないという条件のもとで伝送距離Zを算出すると、 $Z = 330$ (km)となる。すなわち、RZ変調した10Gbit/sの光信号は、再生中継なしで約330kmしか伝送できないことになる。

【0012】次に、電気処理速度を越える伝送速度を実現する従来の光通信装置の構成を図5に示す。図において、光送信部は、短光パルス光源1、光分岐器2、複数の強度変調器3-1~3-4、複数の遅延制御器(例えば長さの異なる光ファイバ)4-1~4-4、光結合器5により構成される。

【0013】短光パルス光源1から出力された数ピコ秒幅の短光パルス列8は、光分岐器2により複数に分岐される(図5では4分岐)。分岐された各短光パルス列は強度変調器3-1~3-4に入力され、それぞれ対応する入力電気信号により変調される。各強度変調器の出力は、遅延制御器4-1~4-4を介して光結合器5で多重され、送信光信号9として1本の光ファイバ伝送路6に送信される。ここで、遅延制御器4-1~4-4は、多重される短光パルス列が時間軸上で一定間隔になるように、それぞれの短光パルス列の遅延を制御する。なお、送信光信号9の光電力を大きくするために、必要に応じて光増幅器が挿入される場合もある。以上が光送信部の構成および動作である。

【0014】光送信部から出力された送信光信号9は、光ファイバ伝送路6を伝搬して光受信器7に受信され、電気信号に変換される。なお、光受信器7は、光非線形効果を使った光分離回路などにより、電気処理が可能な速度まで光信号速度を低速化した上で電気信号に変換する。その詳細についてはここでは省略する。

【0015】さて、光ファイバ伝送6を伝搬する超高速の送信光信号9は、光ファイバ中の分散の影響を顕著に受け、受信光信号10のように波形歪みが生じる。これを避けるために、光ファイバの零分散波長を用いたり、光ファイバの長手方向で分散値を調整して全体で総分散

には、

$$B = 1 / (2 w_{t0}) \quad \dots(2)$$

の関係がある。この(2)式を(1)式に代入して整理すると、

【0010】

【数2】

量を小さくする分散補償技術が用いられる。

【0016】しかし、従来の分散補償技術は、伝送速度や伝送距離を大きくする上で有効ではあるが、総分散量を0にすることは困難であり、光ファイバの分散が伝送距離を制限することには変わりはない。また、光ファイバの長手方向で分散を調整するためには特殊仕様の光ファイバが必要となり、光ファイバ伝送路の敷設コストを大きくするとともに、汎用性がない問題があった。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の光通信装置では、光ファイバ伝送路における伝送速度および伝送距離が大きくなると、光ファイバ中の分散効果や非線形光学効果のために各短光パルスが広がり、隣接する短光パルスと重なってしまう。これらの影響は、伝送速度の2乗に比例して大きくなるので、高速伝送を実現する上で大きな障害になっていた。

【0018】また、光ファイバの分散の影響を低減するために提案されている光ファイバの分散特性を考慮した従来の分散補償技術は、汎用性がなく、かつ装置全体が高価になる問題があった。

【0019】本発明は、光ファイバ中を伝搬する光信号の信号速度を等価的に小さくする構成をとることにより、光ファイバ中の分散や非線形光学効果の影響を低減し、超高速かつ長距離の信号伝送を実現する光通信装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

(空間光学系と光時間パルス伝搬系との同等性) 光時間パルスが分散媒質中を伝搬するときの振る舞いと、点光源から放射された光空間パルスが空間中を伝搬するときの振る舞いは、同じ扱いが可能であることが知られている。すなわち、分散媒質中を伝搬する光時間パルスは分散の影響でパルス広がりが生じ、空間中を伝搬する光空間パルスは回折の影響でパルス広がりが生じるというものである。

【0021】ここで、図2を参照し、光時間パルスの分散媒質中の伝搬と光空間パルスの空間伝搬の同等性について説明する。図2(a)は、レンズを用いた結像系を示

す。物体面11にある光スポットはレンズ13を介して像面15に像を形成する。このとき、物体面-レンズ間の距離 L_1 、レンズ-像面間の距離 L_2 、レンズの焦点距離 f との間には、

$$1/L_1 + 1/L_2 = 1/f \quad \cdots(4)$$

の結像公式が成り立つ。なお、 L_1 と L_2 をレンズの焦点距離 f の2倍($2f$)に設定すれば、像面には横倍率1の倒立像が形成される。物体面11上での光強度分布(4つの光スポット)16に対する像面15上での光強度分布(4つの光スポット)17は、倒立像の様子を示したものである。

【0022】図2(b)は、図2(a)の空間光学系に対応する光時間パルス伝搬系を示す。レンズ13と位相変調器19が対応する。その前後に、分散付加部として光ファイバ18、20が接続される。空間を伝搬する光空間パルスが回折によって広がることは、光時間パルスが光ファイバ18、20中の分散によって広がることに対応する。したがって、物体面-レンズ間の距離 L_1 に対応するのは、光時間パルス伝搬系では信号入力端から位相変調器19に至るまでの総分散量である。

【0023】空間光学系では、レンズ13を通過する光空間パルスを位相(空間)変調することにより、パルス幅の拡大縮小が可能である。この光空間パルスに対するレンズ13の作用は、光時間パルスが存在する時間領域に渡って2次関数または部分的に2次関数で漸近できる正弦波関数で表される位相(時間)変調をかけることにより実現できる。

【0024】ここでは、時間レンズとして変調周波数 f_m の正弦波関数で変調する位相変調器19を考える。この位相変調器19の前後に接続される光ファイバ18、20の分散値を D_1 、 D_2 、長さを l_1 、 l_2 とすると、光学系の結像公式に対応する式は、

$$1/L_{t1} + 1/L_{t2} = 1/f_t \quad \cdots(5)$$

$$L_{t1} = -\lambda D_1 l_1 \quad \cdots(6)$$

$$L_{t2} = -\lambda D_2 l_2 \quad \cdots(7)$$

$$f_t = c/2\pi\lambda A f_m^2 \quad \cdots(8)$$

となる。なお、 λ は光波長、 c は光速、 A は位相変調指数を表す。(8)式の f_t は、空間光学系におけるレンズの焦点距離 f に対応しており、ここでは焦点時間と呼ぶ。(5)~(8)式からレンズ系を用いた像伝送や像変換を時間軸上で実現できることがわかる。光ファイバ18の入力端での光時間波形22に対する光ファイバ20の出力端での光時間波形23は、空間光学系における倒立像に対応する様子を示したものである。

【0025】以上示したように、光時間パルスが分散媒質を伝搬する際の振る舞いは、空間光学系に置き換えることが可能である。空間光学系におけるレンズは、光時間パルス伝搬系において光時間パルスに位相変調をかけることに相当する。したがって、位相変調器と分散媒質を組み合わせることにより、空間光学系と同等の効果を

光時間パルスに作用させることができる。

【0026】以下、本発明の光通信装置の動作原理を図3に示す空間光学系に置き換えて説明する。図3において、物体面24、第1レンズ(焦点距離 f_1)26、物体面-第1レンズ間の距離 L_1 ($=f_1$)、第2レンズ(焦点距離 f_2)28、像面30、第2レンズ-像面間の距離 L_2 ($=f_2$)とする。

【0027】本構成では、物体面24から放射される光ビームのスポット径と、像面30に結像する光ビームのスポット径の比は、第1レンズ26と第2レンズ28の焦点距離の比のみによって決まり、第1レンズ26と第2レンズ28の距離には依存しない。また、物体面上での光強度分布(4つの光スポット)31、第1レンズ-第2レンズ間での光強度分布32、像面上での光強度分布(4つの光スポット)33に示すように、物体面24の4つの光スポットから放射された光は第1レンズ26に至るまでにそれぞれ広がり、第1レンズ-第2レンズ間では互いに重なりあい、進行方向にわずかに異なる平行ビーム束として伝搬する。これは、光軸に対して垂直方向の空間周波数が、第1レンズ-第2レンズ間では物体面上および像面上に比べて小さくなっていると考えられることができる。

【0028】この空間光学系を光時間パルス伝搬系に当てはめると次のようになる。入力の高パルス列は第1時間レンズに至るまでの間に、分散により広がって第1時間レンズに入力される。第1時間レンズはこの光パルスに対して位相変調を施し、伝送路に出力する。一方、受信側では、第2時間レンズにより入射光パルス列が収束光に変換され、像面上にもとの短光パルス列を再現する。

【0029】空間光学系からの類推から、入力パルス列と出力パルス列との倍率は、第1時間レンズと第2時間レンズ間の付加分散量には依存せず、第1時間レンズと第2時間レンズの各焦点距離の比のみによって決まる。これは、光パルス列を光ファイバを用いて伝送する際に、伝送距離に関係なくパルス広がりがない波形伝送が可能なることを示す。

【0030】また、第1時間レンズと第2時間レンズ間では、光パルス列はそれぞれ大きく広がり、互いに重なりあった状態で伝搬する。これは、入力時点(空間光学系では物体面に相当)での伝送速度が光ファイバ中を伝搬中は小さくなることを意味する。分散によるパルス広がり伝送速度の2乗に比例して大きくなるので、光ファイバ中を伝搬する信号速度を等価的に小さくすることは、分散や非線形光学効果による波形ひずみを低減する効果がある。

【0031】したがって、図3のような光時間パルス伝搬系を光通信装置に組み込むことにより、従来問題となっていた分散や非線形光学効果による波形ひずみを大幅に低減でき、実現可能な伝送速度、伝送距離を飛躍的に

伸ばすことができる。

【0032】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の光通信装置の第1の実施形態を示す。また、各部 (a)～(e)における信号波形例も示す。

【0033】本実施形態の光通信装置は、光送信部34、光ファイバ伝送路35、光受信部36から構成される。光送信部34は、電気/光変換部37、分散付加部38、時間レンズとして用いられる位相変調部39から構成される。光受信部36は、時間レンズとして用いられる位相変調部40、分散付加部41、光/電気変換部42から構成される。

【0034】光送信部34の電気/光変換部37では、入力電気信号(a)を密に並べた有限長の短光パルス列(b)に変換して出力する。この短光パルス列(b)は、分散付加部38に入力されてパルス幅が広げられ、互いに重なった状態の光パルス列(c)として位相変調部39に入力される。位相変調部39では、入力された有限長の光パルス列(c)に対して、2次関数で表される位相変調を付加する。このとき、光パルスの強度分布は変化しないものの、位相変調を付加されたためにそれ以上分散を付加しても時間的に広がらないパルス(空間光学系では平行ビームに相当)として光ファイバ伝送路35に送出される。

【0035】一方、光ファイバ伝送路35の他端にある光受信部36では、まず位相変調部40に入力された有限長の光パルス列に対して位相変調を付加する。これは、空間光学系に置き換えれば、平行ビームは収束光に変換することに相当する。続いて、位相変調部40から出力される光パルス列(d)は、分散付加部41に入力されて元の重なりあわない短光パルス列(e)に変換されて光/電気変換部42に入力される。この短光パルス列(e)のパルス間隔は、光送信部34の位相変調部39の焦点時間(空間光学系では焦点距離に相当)と、光受信部36の位相変調部40の焦点時間との比によって決まる。図1では、この比が4の場合を示す。すなわち、送信側の短光パルス列(b)を時間方向に4倍に引き伸ばした短光パルス列(e)が得られる。

【0036】なお、短光パルス列(b)と短光パルス列(e)とは信号順序が反転する。これは、空間光学系において像面に倒立像が得られることに相当する。このような信号の反転は、電気信号に変換された後に電気処理段で容易に修正可能であり、信号伝送上の問題にはならない。

【0037】ここで、(a)～(e)に示す各信号波形を比較すると、伝送される信号速度(1秒当たりのビット数B)に対して、光ファイバ伝送路35中を伝搬する光信号は等価的に伝送速度が1/4になっていることがわかる。また、ピーク光電力も光パルス広がりにより小さくなっている。これらにより、光ファイバ伝送路35上で

問題となる分散や非線形光学効果による波形歪みが低減され、伝送速度および伝送距離を大幅に大きくすることができる。

【0038】なお、位相変調部39、40としては、強誘電体結晶(ニオブ酸リチウム等)中の電気光学効果を利用した光位相変調器や、光ファイバ中の非線形光学効果を利用した位相変調器を用いることができる。また、分散付加部38、41としては、プリズム対を用いたものや、有限の分散値を有する光ファイバを用いることができる。

【0039】図4は、本発明の光通信装置の第2の実施形態を示す。図において、光送信部は、図5に示す従来構成と同様の短光パルス光源1、光分岐器2、複数の強度変調器3-1～3-4、複数の遅延制御器4-1～4-4、光結合器5の後段に、分散付加部として光ファイバ43および位相変調器44を有する構成である。光受信部は、光受信器7の前段に、位相変調器46および分散付加部として光ファイバ48を有する構成である。

【0040】短光パルス光源1から出力された短光パルス列は、光分岐器2により複数の分岐される(本実施形態では4分岐)。分岐された各短光パルス列は強度変調器3-1～3-4に入力され、それぞれ対応する入力電気信号により変調される。各強度変調器の出力は、遅延制御器4-1～4-4を介して光結合器5で多重される。遅延制御器4-1～4-4は、多重される短光パルス列が時間軸上で一定間隔になるように、それぞれの短光パルス列の遅延を制御する。

【0041】光結合器5から出力される短光パルス列49は、光ファイバ43の分散によってパルス幅が広げられ、互いに重なった状態の光パルス列50として位相変調器44に入力される。位相変調器44では、光パルス列50に対して位相変調(線形な周波数変位)を付加して光ファイバ伝送路6に送出する。

【0042】一方、光ファイバ伝送路6の他端にある光受信部では、まず位相変調器46で入力された光パルス列に対して位相変調(線形な周波数変位)を付加する。続いて、位相変調器46から出力される光パルス列51は、光ファイバ48に入力されて分散が付加され、元の重なりあわない短光パルス列52に変換されてる。この短光パルス列52は、光受信器7で電気信号に変換される。

【0043】なお、本発明の光通信装置の伝送特性は、原理的に光ファイバ伝送路の分散量には依存しないが、総分散量が必要以上に大きくなると、隣接する短光パルス間でクロストークが生じる場合がある。その場合には、従来から用いられている分散補償技術を併用することにより対応することができる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光通信装置は、光ファイバ伝送路中を伝送される光信号の信号速

度を等価的に小さくすることができるので、光ファイバ伝送路の分散や非線形光学効果の影響を低減し、超高速かつ長距離の光信号伝送を実現することができる。また、信号伝送特性が光ファイバ伝送路の分散特性に依存しないので、伝送路として使用する光ファイバの自由度が大きく、超高速かつ長距離の光通信システムを経済的に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光通信装置の第1の実施形態を示す図。

【図2】空間光学系と光時間パルス伝搬系の同等性について説明する図。

【図3】本発明の光通信装置の動作原理を説明する図。

【図4】本発明の光通信装置の第2の実施形態を示す図。

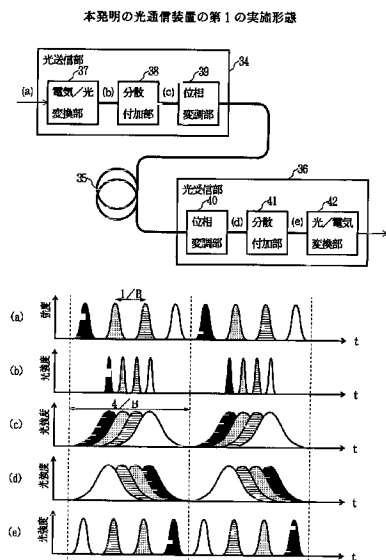
【図5】従来の光通信装置の構成を示す図。

【符号の説明】

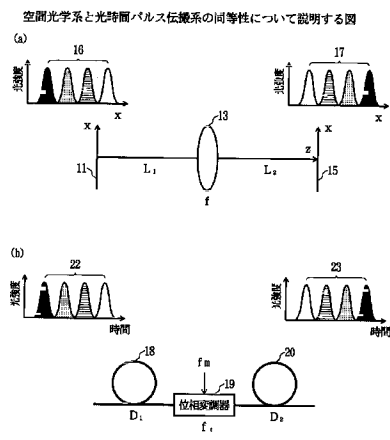
- 1 短光パルス光源
- 2 光分岐器
- 3 強度変調器
- 4 遅延制御器

- 5 光結合器
- 6 光ファイバ伝送路
- 7 光受信器
- 11, 24 物体面
- 13 レンズ
- 15, 30 像面
- 18, 20 光ファイバ
- 19 位相変調器
- 26 第1レンズ
- 28 第2レンズ
- 34 光送信部
- 35 光ファイバ伝送路
- 36 光受信部
- 37 電気/光変換部
- 38, 41 分散付加部
- 39, 40 位相変調部
- 42 光/電気変換部
- 43, 48 光ファイバ
- 44, 46 位相変調器

【図1】

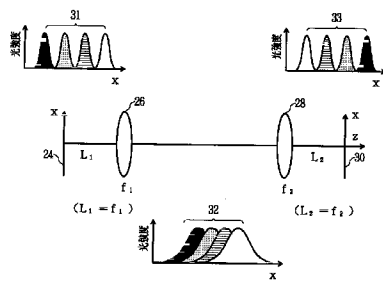


【図2】



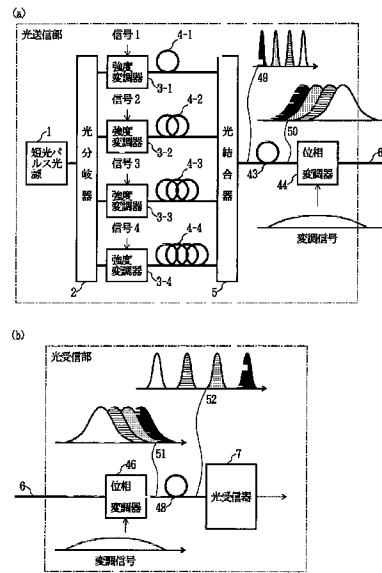
【図3】

本発明の光通信装置の動作原理



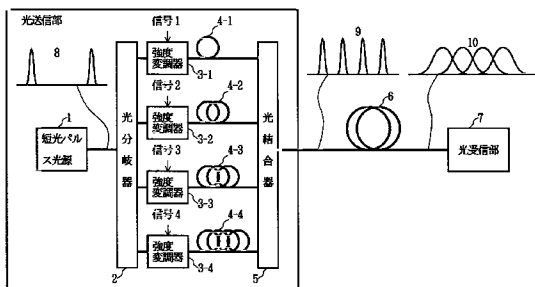
【図4】

本発明の光通信装置の第2の実施形態



【図5】

従来の光通信装置の構成



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/13

10/12